

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of: **Ryouji HIROYAMA, et al.**

Serial No.: **NEW APPLICATION**

Filed: **September 25, 2000**

For: **SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING
THE SAME**



CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Directors of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Date: September 25, 2000

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

JAPANESE APPLICATION NO. 11/272436, Filed September 27, 1999; and

JAPANESE APPLICATION NO. 2000-012681, Filed January 21, 2000

In support of these claims, the requisite certified copies of said original foreign applications are filed herewith.

It is requested that the file of these applications be marked to indicate that the applicant has complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said copies. In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

**ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI,
McLELAND & NAUGHTON**

Mel R. Quintos
Reg. No. 31,898

Atty. Docket No. 001241
1725 K Street, N.W., Suite 1000
Washington, DC 20006
Tel: (202) 659-2930
Fax: (202) 887-0357
MRQ/ll



日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS31 U.S. PTO
09/669448
09/25/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 9月27日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第272436号

出 願 人

Applicant(s):

三洋電機株式会社

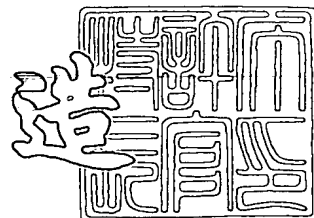
2000年 8月25日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及

川

耕



出証番号 出証特2000-3067395

【書類名】 特許願

【整理番号】 NBA0991052

【提出日】 平成11年 9月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式
 会社内

 【氏名】 廣山 良治

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式
 会社内

 【氏名】 野村 康彦

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式
 会社内

 【氏名】 古沢 浩太郎

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式
 会社内

 【氏名】 竹内 邦生

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式
 会社内

 【氏名】 岡本 重之

【特許出願人】

 【識別番号】 000001889

 【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

 【代表者】 近藤 定男



【代理人】

【識別番号】 100109368

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲村 悦男

【連絡先】 電話 0 3 - 3 8 3 7 - 7 7 5 1 法務・知的財産部
東京事務所

【選任した代理人】

【識別番号】 100111383

【弁理士】

【氏名又は名称】 芝野 正雅

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013033

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904451

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書
 【発明の名称】 半導体レーザ素子及びその製造方法
 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に第 1 導電型のクラッド層、発光層、III 族元素として A 1 を含有する第 2 導電型のクラッド層が順に積層され、前記第 2 導電型のクラッド層にはリッジ部が形成され、前記第 2 導電型のクラッド層上の前記リッジ部の周りに III 族元素として A 1 を含有する電流ブロック層が形成された半導体レーザ素子において、前記基板の上面に対する前記リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、前記第 2 導電型のクラッド層を構成する II 族元素中における A 1 の組成比を X 1 とし、前記電流ブロック層を構成する III 族元素中における A 1 の組成比を X 2 とし、前記発光層と前記電流ブロック層との離間距離を t した場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X2 - X1))$ [μm] の関係を満たし、前記リッジ部の下部幅 W が $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 2】 前記第 1 導電型クラッド層は III 族元素として A 1 と Ga を含有し、A 1 と Ga の総和における A 1 の組成比が X 1 であり、前記電流ブロック層は III 族元素として A 1 と Ga を含有し、A 1 と Ga の総和における A 1 の組成比が X 2 であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 3】 前記第 2 導電型のクラッド層が $A_{1-X1}Ga_{1-X1}As$ からなり、前記電流ブロック層が $A_{1-X2}Ga_{1-X2}As$ からなることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 4】 $t \leq 0.252 / (1 - (X2 - X1))$ [μm] であることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 5】 前記離間距離 t が $0.15\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 6】 前記離間距離 t が $0.2\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 7】 基板上に第 1 導電型のクラッド層及び発光層を形成し、該発光層上に所定の厚みを有する第 2 導電型の第 1 クラッド層を形成し、該第 1 クラ

ッド層上にエッチング停止層を介してIII族元素中におけるA 1の組成比がX 1である第2導電型の第2クラッド層を形成する工程と、

前記第2クラッド層の一部を除去することにより、前記基板の上面に対する側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、下部幅Wが $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下であるリッジ部を形成する工程と、

前記リッジ部の両側に、III族元素中におけるA 1の組成比がX 2であり、前記リッジ部の周りに露出した前記第1導電型の第2クラッド層の上面から発光層までの距離を t とした場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X 2 - X 1)) [\mu\text{m}]$ の関係を満足する電流ブロック層を形成する工程とを有することを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスクシステム等に用いて好適な半導体レーザ素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、インターネットや電子メールが急速に普及し、これに対応してパーソナルコンピュータ市場が拡大を続けている。このパーソナルコンピュータの記憶媒体として、CD-ROMあるいはDVD-ROM等のディスク状の光記録媒体を用いた光ディスクシステムが不可欠となっている。さらに、これらの光ディスクシステムは、再生専用型から書き込み型、更には書き換え型への移行が顕在化してきた。

【0003】

半導体レーザ素子は、光ディスクシステムのキーデバイスであり、光ディスクシステムの書き込み速度向上のために、高出力化が強く要請されている。

【0004】

従来の代表的なリッジ型の半導体レーザ素子の基本構造を図15に示す。例えば、GaAs系の半導体レーザ素子の場合、n型GaAsからなるn型半導体基

○
板 701 上に、n 型 GaAs からなる n 型バッファ層 702、n 型 AlGaAs からなる n 型クラッド層 703、AlGaAs からなる発光層 704、p 型 AlGaAs からなる p 型クラッド層 705 が形成されている。

【0005】

この p 型クラッド層 705 は、半導体レーザ素子の横モード制御のために、素子中央部が両脇の平坦部に比して層厚が大きいストライプ状のリッジ部を有する。また、この p 型クラッド層 705 のリッジ部側面および平坦面上には、電流注入領域を制限するために n 型 AlGaAs からなる n 型ブロック層 706 が形成されている。

【0006】

さらに、p 型クラッド層 705 および n 型ブロック層 706 上には、p 型 GaAs からなる p 型コンタクト層 707 が形成されている。また、n 型半導体基板の裏面には n 型電極 708 が、p 型コンタクト層 707 上には p 型電極 709 が形成されている。

【0007】

ここで、p 型コンタクト層 707 のバンドギャップは、発光層 704 のバンドギャップよりも小さいため、発光層 704 で発生する光の一部は p 型コンタクト層 707 で吸収される。この吸収により、レーザビームが半導体層の積層方向に強く閉じ込められ、レーザ出射端面における光密度が高くなる。

【0008】

このような従来の半導体レーザ素子の場合、レーザ出射端面における光密度が高くなると、レーザ出射端面での破壊が生じやすくなる。このため、半導体レーザ素子の高出力化のためには、リッジ部の高さ H を高くし、更にはリッジ部の下部幅 W を大きくすることにより、レーザ出射面における光密度を低減することが考えられる。

【0009】

しかしながら、図 15 に示すようなリッジ部の幅が上方になる程、狭くなる順メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザでは、リッジ部の高さ H を高くすると、リッジ部の上面の幅が減少し、電流が流れ難くなるため、リッジ部の高さ H の

増加に限界がある。

【0 0 1 0】

一方、リッジ部の下部幅Wを大きくすると横方向の光の閉じこめが困難となり、レーザビームの水平広がり角が急激に小さくなる。このため、レーザビームの水平広がり角と垂直広がり角との差が大きくなり、集光特性の劣化などの問題が発生する。また、幅Wを変化させた際の水平広がり角に変動が大きいため、水平広がり角の調整が困難であるという問題もある。

【0 0 1 1】

また、リッジ部の幅が上方になる程、広くなる逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザでは、リッジ部の高さを高くしても、リッジ部の上面の幅が減少するということは無いため、電流が流れ難いという問題は無くなるが、リッジ部の底面の幅を大きくした際の問題は、依然として存在する。

【0 0 1 2】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記従来例の欠点に鑑み為されたものであり、レーザビームの高出力化を図った場合においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制し、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を提供することを目的とするものである。

【0 0 1 3】

また、本発明は、レーザビームの高出力化を図った場合においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制し、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を容易に製造することが出来る半導体レーザ素子の製造方法を提供することを目的とするものである。

【0 0 1 4】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ素子は、基板上に第1導電型のクラッド層、発光層、II族元素としてA1を含有する第2導電型のクラッド層が順に積層され、前記第2導電型のクラッド層にはリッジ部が形成され、前記第2導電型のクラッド層上の前記リッジ部の周りにIII族元素としてA1を含有する電流ブロック層が形成

された半導体レーザ素子において、前記基板の上面に対する前記リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、前記第2導電型のクラッド層を構成するIII族元素中におけるA1の組成比を X_1 とし、前記電流ブロック層を構成するIII族元素中におけるA1の組成比を X_2 とし、前記発光層と前記電流ブロック層との離間距離を t した場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X_2 - X_1))$ [μm] の関係を満たし、前記リッジ部の下部幅 W が $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0015】

このような構成の半導体レーザ素子では、高出力化を図るために、リッジ部の下部幅 W を大きくしても、レーザビームの水平広がり角度の変化は小さい。また、レーザビームの水平広がり角度が急激に低下しない範囲に、発光層と電流ブロック層との離間距離が設定されている。しかも、動作電圧が急激に大きくならない範囲に、リッジ部の下部幅 W が設定されている。

【0016】

尚、電流ブロック層が複数の層で形成されている場合は、リッジ部に最も近接している電流ブロック層のA1組成比が X_2 となる。また、リッジ部の下部幅 W とはリッジ部の最下部における共振器方向と直交する方向の長さである。

【0017】

特に、前記第1導電型クラッド層はIII族元素としてA1とGaを含有し、A1とGaの総和におけるA1の組成比が X_1 であり、前記電流ブロック層はIII族元素としてA1とGaを含有し、A1とGaの総和におけるA1の組成比が X_2 である場合、本発明による上述の効果は顕著である。

【0018】

更に、前記第2導電型のクラッド層が $\text{Al}_{X_1}\text{Ga}_{1-X_1}\text{As}$ からなり、前記電流ブロック層が $\text{Al}_{X_2}\text{Ga}_{1-X_2}\text{As}$ からなる場合、上述の効果は一層明らかである。

【0019】

また、本発明の半導体レーザは、 $t \leq 0.252 / (1 - (X_2 - X_1))$ [μm] であることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

この場合、レーザビームの水平広がり角度は、水平広がり角度の低下は小さく、一定値以上の大きさを確保する。

【 0 0 2 1 】

特に、前記離間距離 t が $1.5 \mu\text{m}$ 以上であれば、離間距離 t が変動しても、水平広がり角度の変動幅は小さい。

【 0 0 2 2 】

更に、前記離間距離 t が $2.0 \mu\text{m}$ 以上であれば、離間距離 t が変動した際の水平広がり角度の変動幅は更に小さい。

【 0 0 2 3 】

また、本発明の半導体レーザの製造方法は、基板上に第 1 導電型のクラッド層及び発光層を形成し、該発光層上に所定の厚みを有する第 2 導電型の第 1 クラッド層を形成し、該第 1 クラッド層上にエッチング停止層を介して III 族元素中における A 1 の組成比が X 1 である第 2 導電型の第 2 クラッド層を形成する工程と、前記第 2 クラッド層の一部を除去することにより、前記基板の上面に対する側面の傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、下部幅 W が $2 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下であるリッジ部を形成する工程と、前記リッジ部の両側に、III 族元素中における A 1 の組成比が X 2 であり、前記リッジ部の周りに露出した前記第 1 導電型の第 2 クラッド層の上面から発光層までの距離を t とした場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X2 - X1)) [\mu\text{m}]$ の関係を満足する電流ブロック層を形成する工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

このような半導体レーザの製造方法では、高出力化を図るために、リッジ部の下部幅 W を大きくしても、レーザビームの水平広がり角度の変化は小さく、また、レーザビームの水平広がり角度が急激に低下しない範囲に、発光層と電流ブロック層との離間距離が設定されており、しかも、動作電圧が急激に大きくならない範囲に、リッジ部の下部幅 W が設定されている半導体レーザ素子を、容易に製造することが出来る。

【 0 0 2 5 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0026】

図1は本発明の実施の形態である実施例の半導体レーザ素子の断面図である。

【0027】

本実施例の半導体レーザ素子は、n型GaAsからなるn型半導体基板1の上面に、n型GaAsからなるn型第1バッファ層2、n型AlGaAsからなるn型第2バッファ層3、n型AlGaAsからなるn型クラッド層4、n型AlGaAsからなるn型キャリアブロック層5、アンドープのAlGaAsからなる光ガイド層6、およびアンドープの多重量子井戸構造の活性層7が順に形成されている。

【0028】

活性層7はアンドープのAlGaAsからなる3つの量子井戸層71とアンドープのAlGaAsからなる2つの障壁層72とが交互に積層されてなる。

【0029】

活性層7の上には、アンドープのAlGaAsからなる光ガイド層8、p型AlGaAsからなるp型キャリアブロック層9、p型AlGaAsからなるp型第1クラッド層10が順に形成されている。

【0030】

本実施例の半導体レーザ素子では、光ガイド層6、活性層7及び光ガイド層8により発光層100が構成されている。

【0031】

p型第1クラッド層10上の中央部には、p型AlGaAsからなるp型エッチング停止層11を介して、p型AlGaAsからなる共振器方向に延びるストライプ状のp型第2クラッド層12及びp型GaAsからなるp型第1コンタクト層13が順に積層されてリッジ部200が形成されている。

【0032】

リッジ部200を構成するp型第2クラッド層12及びp型第1コンタクト層13の両側面、更にはリッジ部の両側のp型第1クラッド層10の平坦面上には

、アンドープの AlGaAs からなる第1電流ブロック層14、 n 型 AlGaAs からなる n 型第2電流ブロック層15及び n 型 GaAs からなる n 型第3電流ブロック層16が順に形成されている。

【0033】

p 型第1コンタクト層13上から n 型第3電流ブロック層16上に亘っては、 p 型 GaAs からなる p 型第2コンタクト層17及び p 型 GaAs からなる p 型第3コンタクト層18が順に形成されている。

【0034】

p 型第3コンタクト層18上には p 型電極19が形成され、 n 型半導体基板1の裏面には n 型電極20が形成されている。

【0035】

図2及び図3は第1実施例の半導体レーザ素子の製造方法を示す図である。

【0036】

まず、図2(a)に示すように、 n 型半導体基板1上に、 n 型第1バッファ層2、 n 型第2バッファ層3、 n 型クラッド層4、 n 型キャリアブロック層5、光ガイド層6、活性層7、光ガイド層8、 p 型キャリアブロック層9、 p 型第1クラッド層10、 p 型エッチング停止層11、 p 型第2クラッド層12および p 型第1コンタクト層13を順に、MOCVD法（有機金属化学的気相成長法）またはMBE法（分子線エピタキシャル成長法）により成長温度700～900℃で成長させる。また、各層2～13の材料、 Al 組成比、層厚およびキャリア濃度は表1に示す通りである。尚、 Al 組成比は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ における x （ Al と Ga との総量に対する Al の原子濃度比）である。また、 n 型半導体基板1のキャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0037】

【表 1】

	材料	Al組成比 (原子濃度比)	層厚 (nm)	キャリア濃度 (cm^{-3})
n型バッファ層 2	GaAs	0	500	3×10^{17}
n型バッファ層 3	AlGaAs	0. 18	100	5×10^{17}
n型クラッド層 4	AlGaAs	0. 45	2700	5×10^{17}
n型キャリアブロック層 5	AlGaAs	0. 5	50	5×10^{17}
光ガイド層 6	AlGaAs	0. 35	20	アンドープ
量子井戸層 7 1	AlGaAs	0. 106	7	アンドープ
障壁層 7 2	AlGaAs	0. 35	8	アンドープ
光ガイド層 8	AlGaAs	0. 35	20	アンドープ
p型キャリアブロック層 9	AlGaAs	0. 5	50	1×10^{18}
p型第 1 クラッド層 10	AlGaAs	0. 45	0 ~ 400	1×10^{18}
p型エッチング停止層 11	AlGaAs	0. 7	20	8×10^{17}
p型第 2 クラッド層 12	AlGaAs	0. 45	2700	8×10^{17}
p型第 1 コンタクト層 13	GaAs	0	200	4×10^{18}

【 0 0 3 8 】

n型第 1 バッファ層 2 の成長には、原料ガスとして AsH_3 および TMG を用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。n型第 2 バッファ層 3、n型クラッド層 4 及び n型キャリアブロック層 5 の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMG および TMA を用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。光ガイド層 6、活性層 7 及び光ガイド層 8 の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMG および TMA を用いる。p型キャリアブロック層 9、p型第 1 クラッド層 10、p型エッチング停止層 11 および p型第 2 クラッド層 12 の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMG および TMA を用い、ドーパントガスとして DEZ を用いる。p型第 1 コンタクト層 13 の成長には、原料ガスとして AsH_3 および TMG を用い、ドーパントガスとして DEZ を用いる。

【 0 0 3 9 】

ここで、 AsH_3 はアルシンであり、TMG はトリメチルガリウムであり、TMA はトリメチルアルミニウムであり、 H_2Se はセレン化水素であり、 SiH_4 はモノシランであり、DEZ はジエチルジंकである。

【 0 0 4 0 】

この成長の後、p型第1コンタクト層13上に SiO_2 等の酸化膜を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術により中央部のストライプ状の領域を除いて酸化膜を除去することにより、p型第1コンタクト層13上にストライプ状の酸化膜21を形成する。

【0041】

次に、図2(b)に示すように、酸化膜21をマスクとしてp型第1クラッド層10が露出するまでエッチングによりp型第1コンタクト層13、p型第2クラッド層12及びp型エッチング停止層11を除去する。これにより、酸化膜21の下方にはストライプ状のリッジ部200が形成される。

【0042】

尚、この時のエッチングは、湿式エッチングあるいはドライエッチングのいずれを用いても良い。

【0043】

この時、n型半導体基板1に対するリッジ部200の側面の傾斜角度 θ （本実施例では、リッジ部の側面とp型エッチング停止層11の上面との為す角度に一致）は、半導体基板1の上面の結晶方向とリッジ部200のストライプ方向との関係、湿式エッチングにおける過酸化水素及び水の含有量や温度、或いはリアクティブイオンエッチングやリアクティブイオンビームエッチングにおけるイオンのエネルギー等を制御することにより、下記に詳述する所定の角度に設定することが出来る。

【0044】

また、リッジ部200の下部幅Wは、p型第2クラッド層12の膜厚、酸化膜21の幅、リッジ部の側面の傾斜角度 θ 、エッチング時間等により、下記に詳述する所定の値に設定することが出来る。

【0045】

また、p型キャリアブロック層9及びp型第1クラッド層10との厚みの和は、図2(a)の工程におけるp型キャリアブロック層9及びp型第1ブロック層10を形成する際の成長時間、更には図2(b)の工程におけるエッチング停止層11によるエッチング深さの制御により、下記に詳述する所定の値に設定され

る。そして、この p 型キャリアブロック層 9 及び p 型第 1 クラッド層 10 との厚みの和が、発光層と、次の工程で形成される第 1 電流ブロック層 14 との離間距離 t となる。

【0046】

次に、図 3 (c) に示すように、酸化膜 21 をマスクとして、リッジ部の両側の p 型第 2 クラッド層 10 の平坦面上及びリッジ部の側面上に、アンドープの第 1 電流ブロック層 14、n 型第 2 電流ブロック層 15 及び n 型第 3 電流ブロック層 16 を、成長温度 600～900℃で選択成長させる。この時、酸化膜 21 上には、これらの層は結晶成長しない。尚、各層 14～16 の材料、Al 組成比、層厚及びキャリア濃度は表 2 に示す通りであり、第 1 電流ブロック層 14 の Al 組成比は、下記に詳述する条件を満足する範囲に設定される。

【0047】

【表 2】

	材料	Al 組成比 (原子温度比)	層厚 (μm)	キャリア濃度 (cm^{-3})
第 1 電流ブロック層 14	AlGaAs	X2 (0.5～0.8)	1.0	アンドープ
n 型第 2 電流ブロック層 15	AlGaAs	X2 (0.5～0.8)	0.25	3×10^{18}
n 型第 3 電流ブロック層 16	GaAs	0	0.25	5×10^{17}

【0048】

第 1 電流ブロック層 14 の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMG および TMA を用いる。n 型第 2 電流ブロック層 15 の成長には、原料ガスとして AsH_3 、TMG および TMA を用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。n 型第 3 電流ブロック層 16 の成長には、原料ガスとして AsH_3 及び TMG を用い、ドーパントガスとして H_2Se を用いる。

【0049】

次に、酸化膜 21 をフッ酸系エッチャントにより除去した後、図 3 (d) に示すように、p 型第 1 コンタクト層 13 上および n 型第 3 電流ブロック層 16 上に、p 型第 2 コンタクト層 17 及び p 型第 3 コンタクト層 18 を、成長温度 600

～900℃で結晶成長させる。尚、各層17、18の材料、Al組成、層厚及びキャリア濃度は表3に示す通りである。

【0050】

【表3】

	材料	Al組成比 (原子濃度比)	層厚 (μm)	キャリア濃度 (cm^{-3})
p型第2コンタクト層17	GaAs	0	5.3	1×10^{19}
p型第3コンタクト層18	GaAs	0	0.7	6×10^{19}

【0051】

p型第2コンタクト層17及びp型第3コンタクト層18の成長には、原料ガスとして AsH_3 及びTMGを用い、ドーパントガスとしてDEZを用いる。尚、p型第1コンタクト層13の厚さは、非常に薄くても素子特性上問題がなく、5nm以上、1000nm以下の範囲内であればよい。

【0052】

最後に、p型第3コンタクト層18上に、厚さ約50nmのCrAuおよび厚さ約1.5 μm のAuからなるp型電極19を形成し、n型半導体基板1の裏面に、AuGe/Ni/Auからなるn型電極20を形成する。

【0053】

以上の工程により、図1に示した構造の半導体レーザ素子が形成される。

【0054】

次に、図1に示した構造の半導体レーザ素子において、n型半導体基板1の上面对するリッジ部200の側面の傾斜角度 θ （本実施例では、リッジ部200の側面とp型エッチング停止層11の上面との為す角度 θ に一致）が、 55° 、 80° 、 90° 、 100° 、 110° 、 125° と異なる複数タイプの半導体レーザ素子を作製した。尚、傾斜角度 θ が 55° 、 80° の場合は、図4に示すような順メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子となり、傾斜角度 θ が 100° 、 110° 、 125° の場合は、図5に示すような逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子となる。また、傾斜角度 θ が 90° の場合は、図1に示

のような側面が直立しているリッジ部を有する半導体レーザ素子となる。

【0055】

次に、上述した傾斜角度 θ が異なる各半導体レーザ素子において、リッジ部の下部幅 W を変化させた時のレーザビームの水平広がり角度を調べた。その結果を、図 6 及び図 7 に示す。尚、この測定に用いた半導体レーザ素子の p 型第 2 クラッド層の厚みは 2000 nm である。

【0056】

傾斜角度 θ が 55° 、 125° の半導体レーザ素子では、図 6 から判るように、リッジ部の下部幅 W が大きくなると、レーザビームの水平広がり角度が大きく低下する。

【0057】

これに対して、傾斜角度 θ が 80° 、 90° 、 100° 、 110° の半導体レーザ素子では、図 7 から判るように、リッジ部の下部幅 W が $5 \mu\text{m}$ までは、下部幅 W が大きくなっても、レーザビームの水平広がり角度の低下は殆ど見られない。

【0058】

次に、リッジ部の傾斜角度 θ が 100° 、下部幅 W が $4 \mu\text{m}$ である図 5 に示すような逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子において、第 1 電流ブロック層 14 及び n 型第 2 電流ブロック層 15 の Al 組成比 X_2 が 0.55、0.62、0.75、0.80 である 4 タイプの半導体レーザ素子を作製し、この各タイプの半導体レーザ素子において、発光層と電流ブロック層との離間距離 t (p 型キャリアブロック層 9 と p 型第 1 クラッド層 10 の厚みの合計) と、レーザビームの水平広がり角度との関係を調べた。その結果を図 8 に示す。

【0059】

図 8 から判るように、離間距離 t が大きくなると、レーザビームの水平広がり角度は小さくなるが、離間距離 t が $0.15 \mu\text{m}$ 以上になると、水平広がり角度の低下の傾きは小さくなり、更に、離間距離 t が $0.2 \mu\text{m}$ 以上になると、水平広がり角度の低下の傾きは更に小さくなる。更に、離間距離 t がある値を越えると、水平広がり角度が急激に低下する第 1 の臨界離間距離 t_1 が存在することが

判る。この第 1 の臨界離間距離 t_1 は、A 1 組成比 X_2 が 0. 5 5 の時、0. 3 1 であり、A 1 組成比 X_2 が 0. 6 2 の時、0. 3 3 であり、A 1 組成比 X_2 が 0. 7 5 の時、0. 3 9 であり、A 1 組成比 X_2 が 0. 8 0 の時、0. 4 2 である。

【0 0 6 0】

また、図 8 より、第 1 の臨界離間距離 t_1 よりも小さいところに、離間距離 t が大きくなっても水平広がり角度の低下は小さく、安定している離間距離の上限値である第 2 の臨界離間距離 t_2 が存在することが判る。この第 2 の臨界離間距離 t_1 は、A 1 組成比 X_2 が 0. 5 5 の時、0. 2 8 であり、A 1 組成比 X_2 が 0. 6 2 の時、0. 3 1 であり、A 1 組成比 X_2 が 0. 7 5 の時、0. 3 6 であり、A 1 組成比 X_2 が 0. 8 0 の時、0. 3 9 である。

【0 0 6 1】

次に、第 1 電流ブロック層 1 4 及び n 型第 2 電流ブロック層 1 5 の A 1 組成比 X_2 と、第 1 の臨界離間距離 t_1 との関係を調べるために、第 1 電流ブロック層 1 4 及び n 型第 2 電流ブロック層 1 5 の A 1 組成比 X_2 と p 型クラッド層の A 1 組成比 X_1 (本実施例では 0. 4 5) との差を 1 から減じた値の逆数、即ち $1 / (1 - (X_2 - X_1))$ と、第 1 の臨界離間距離 t_1 との関係をグラフ化した。その結果を図 9 に示す。

【0 0 6 2】

図 9 から判るように、第 1 の臨界離間距離 t_1 は、A 1 組成比 X_2 と A 1 組成比 X_1 との差を 1 から減じた値の逆数 ($1 / (1 - (X_2 - X_1))$) に比例しており、その比例式は $t_1 = 0. 2 7 5 / (1 - (X_2 - X_1))$ である。即ち、離間距離 t が $0. 2 7 5 / (1 - (X_2 - X_1))$ を超えると、水平広がり角度が急激に低下するため、水平広がり角度が急激に低下しないためには、離間距離 $t \leq 0. 2 7 5 / (1 - (X_2 - X_1))$ の関係を満足する必要がある。

【0 0 6 3】

また、リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 、 110° である場合についても、同様に調べた結果、図 8 と同様の結果が得られ、 $1 / (1 - (X_2 - X_1))$ と、第 1 の臨界離間距離 t_1 との関係をグラフ化した結果、図 1 0、図 1 1 に示

○
すような結果が夫々得られた。

【0064】

この図10、図11から判るように、リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 、 110° である場合においても、水平広がり角度が急激に低下しないためには、離間距離 $t \leq 0.275 / (1 - (X_2 - X_1))$ の関係を満足する必要がある。

【0065】

次に、リッジ部の傾斜角度 θ が 100° の半導体レーザ素子において、電流ブロック層のAl組成比 X_2 が0.80、離間距離 t が $0.10 \mu\text{m}$ の場合、電流ブロック層のAl組成比 X_2 が0.75、離間距離 t が $0.20 \mu\text{m}$ の場合、電流ブロック層のAl組成比 X_2 が0.58、離間距離 t が $0.25 \mu\text{m}$ の場合について夫々、リッジ部の下部幅 W を変えた時のレーザビームの水平広がり角度を調べた。その結果を図12に示す。

【0066】

図12から判るように、リッジ部の下部幅 W が $1.5 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下の場合、レーザビームの水平広がり角度は略一定であり、下部幅 W が $5 \mu\text{m}$ を超えると、レーザビームの水平広がり角度は急激に小さくなる。

【0067】

次に、リッジ部の傾斜角度 θ が 100° 、電流ブロック層のAl組成比 X_2 が0.75、離間距離 t が $0.20 \mu\text{m}$ の半導体レーザ素子において、リッジ部の下部幅 W と動作電流が 40mA の時の動作電圧を調べた。その結果を図13に示す。

【0068】

図13から判るように、リッジ部の下部幅 W が $2 \mu\text{m}$ よりも小さくなると、動作電圧が急激に大きくなるため、下部幅 W は $2 \mu\text{m}$ 以上必要である。

【0069】

即ち、図12及び図13から判るように、水平広がり角度と動作電圧との点を考慮すると、リッジ部の下部幅 W は、 $2 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0070】

次に、第 2 の臨界離間距離 t_2 についても、第 1 の臨界離間距離 t_1 と同様に $1 / (1 - (X_2 - X_1))$ と、第 2 の臨界離間距離 t_2 との関係をグラフ化した。その結果を図 1 4 に示す。

【0 0 7 1】

図 1 4 から判るように、第 2 の臨界離間距離 t_2 は、A 1 組成比 X_2 と A 1 組成比 X_1 との差を 1 から減じた値の逆数 ($1 / (1 - (X_2 - X_1))$) に比例しており、その比例式は $t_2 = 0.252 / (1 - (X_2 - X_1))$ である。即ち、水平広がり角度の低下が少なく、一定以上の水平広がり角度（実施例では 4° ）を確保するためには、離間距離 $t \leq 0.252 / (1 - (X_2 - X_1))$ の関係を満足する必要がある。尚、リッジ部の側面の傾斜角度 θ が 80° 、 110° である場合においても、同様に結果が得られた。

【0 0 7 2】

尚、上述の実施例では、p 型第 1 クラッド層 1 0 と p 型第 2 クラッド層 1 2 とは、A 1 組成比が等しいが、両者の A 1 組成比は異なっても良い。この場合は、リッジ部 2 0 0 を構成する第 2 クラッド層 1 2 の A 1 組成比が X_1 となる。

【0 0 7 3】

尚、上述の実施例では、III 族元素として A 1 と G a とを含有する場合について説明したが、I n 等の他の III 族元素を含有する場合においても、本発明は適用可能である。また、V 族元素としても、A s 以外に、P、N 等を含有した場合についても本発明は適用可能である。

【0 0 7 4】

【発明の効果】

本発明によれば、レーザビームの高出力化を図った際においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を提供し得る。

【0 0 7 5】

また、本発明によれば、レーザビームの高出力化を図った際においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を容易に製造することが出来る

○
半導体レーザ素子の製造方法を提供し得る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の半導体レーザ素子の構成を示す図である。

【図 2】

本発明の半導体レーザ素子の製造方法を示す図である。

【図 3】

本発明の半導体レーザ素子の製造方法を示す図である。

【図 4】

本発明の順メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子の構成を示す図である。

【図 5】

本発明の逆メサ構造のリッジ部を有する半導体レーザ素子の構成を示す図である。

【図 6】

レーザビームの水平広がり角度と、リッジ部の下部幅 W との関係を示す図である。

【図 7】

レーザビームの水平広がり角度と、リッジ部の下部幅 W との関係を示す図である。

【図 8】

レーザビームの水平広がり角度と、発光層と電流ブロック層との離間距離 t との関係を示す図である。

【図 9】

第 1 の臨界離間距離 t_1 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す図である。

【図 10】

第 1 の臨界離間距離 t_1 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す図である。



【図 1 1】

第 1 の臨界離間距離 t_1 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す図である。

【図 1 2】

レーザビームの水平広がり角度と、リッジ部の下部幅 W との関係を示す図である。

【図 1 3】

動作電圧と、リッジ部の下部幅 W との関係を示す図である。

【図 1 4】

第 2 の臨界離間距離 t_2 と、 $(1 / (1 - (X_2 - X_1)))$ との関係を示す図である。

【図 1 5】

従来の半導体レーザの構成を示す図である。

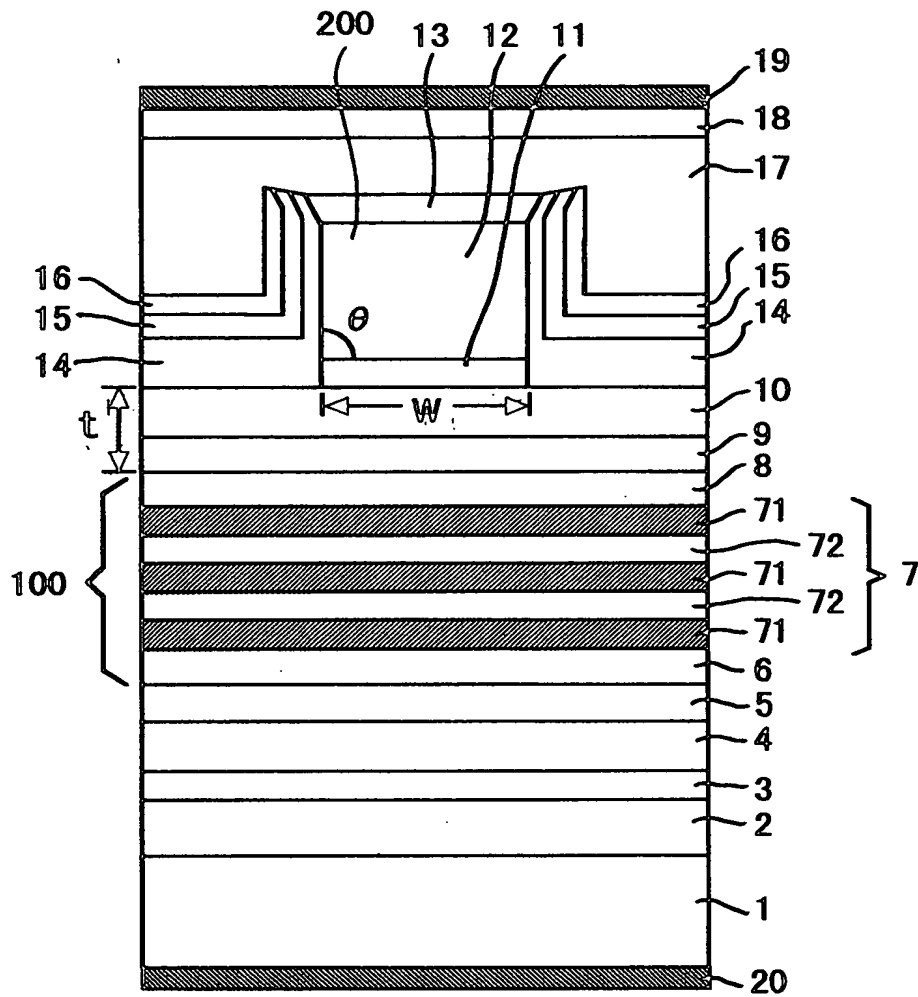
【符号の説明】

- 1 n 型半導体基板
- 1 0 p 型第 1 クラッド層 (第 2 導電型の第 1 クラッド層)
- 1 1 エッチング停止層
- 1 2 p 型第 2 クラッド層 (第 2 導電型の第 2 クラッド層)
- 1 4 第 1 電流ブロック層
- 1 0 0 発光層
- 2 0 0 リッジ部

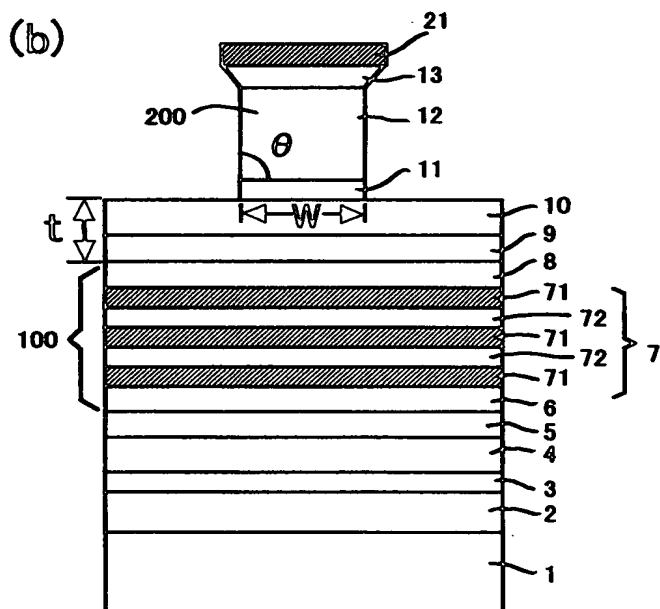
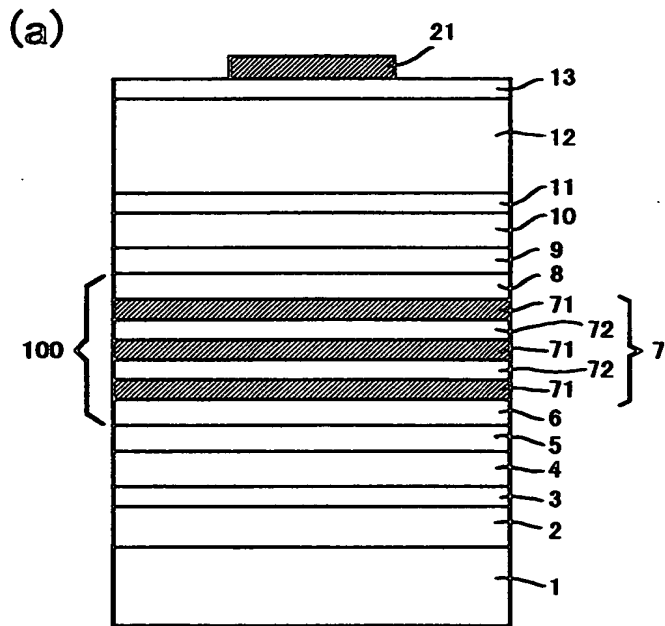
【書類名】

図面

【図 1】

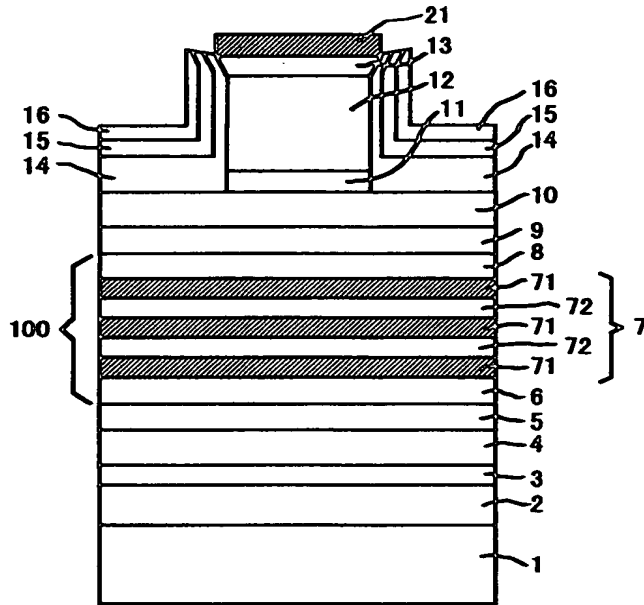


【図 2】

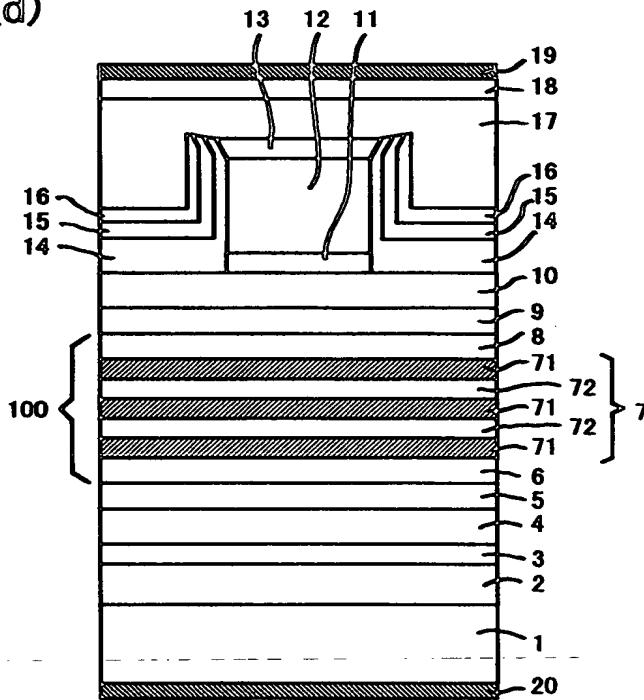


【図 3】

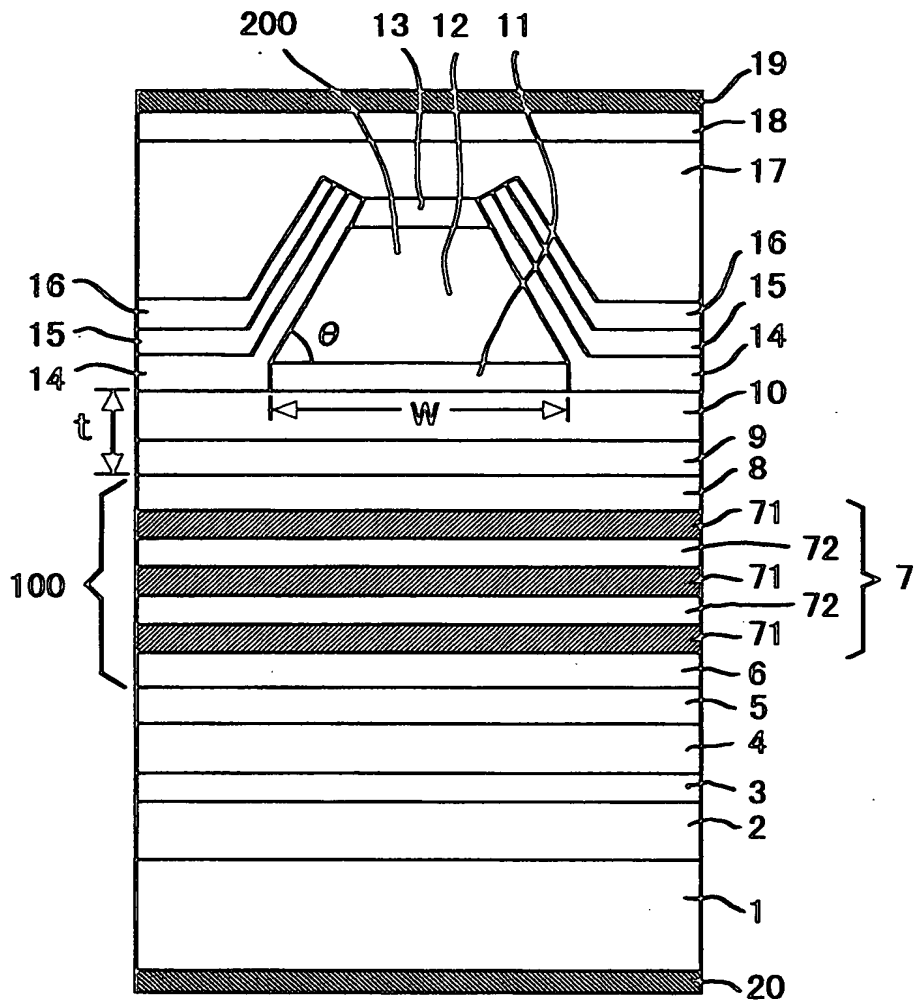
(c)



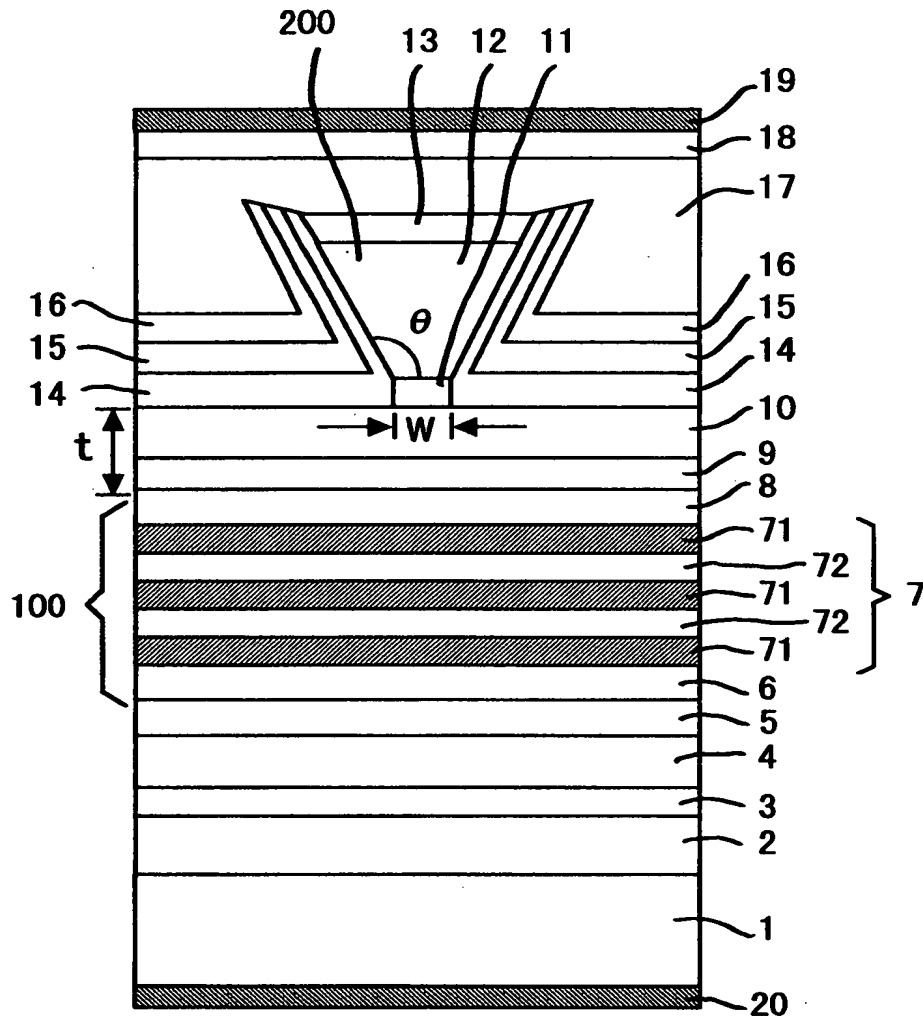
(d)



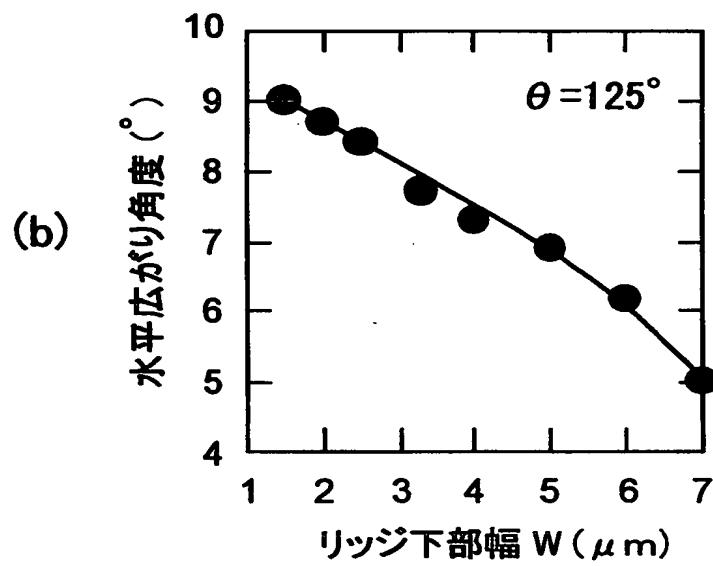
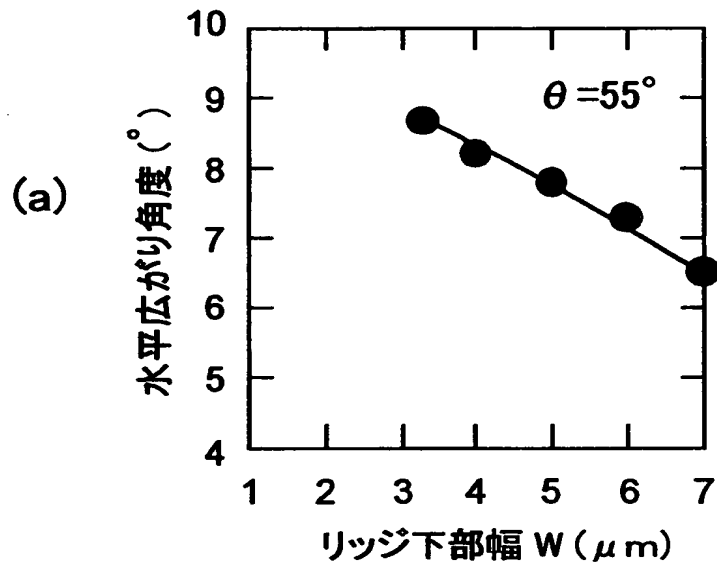
【図 4】



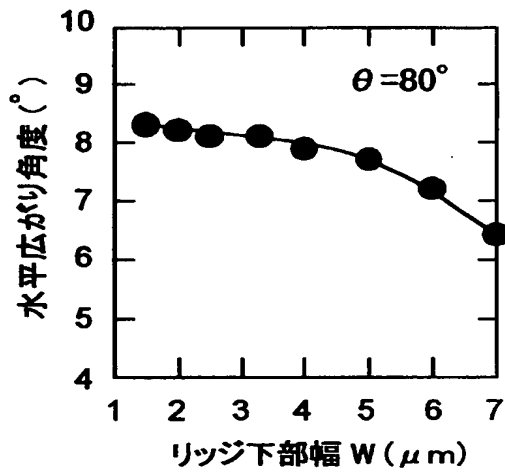
【図 5】



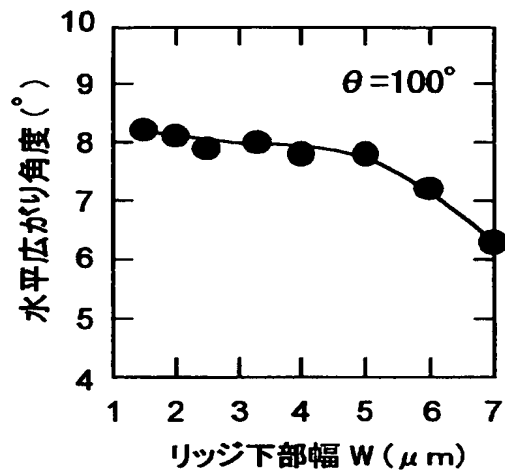
【図 6】



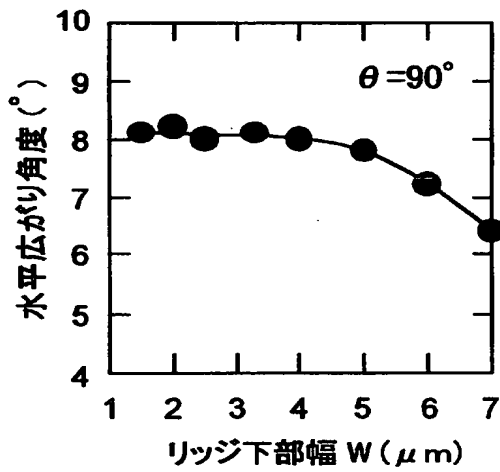
【図 7】



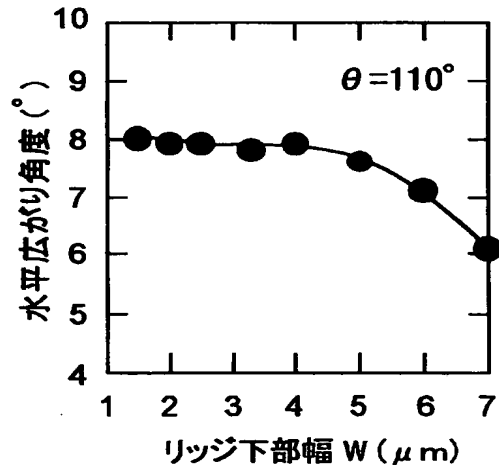
(a)



(c)

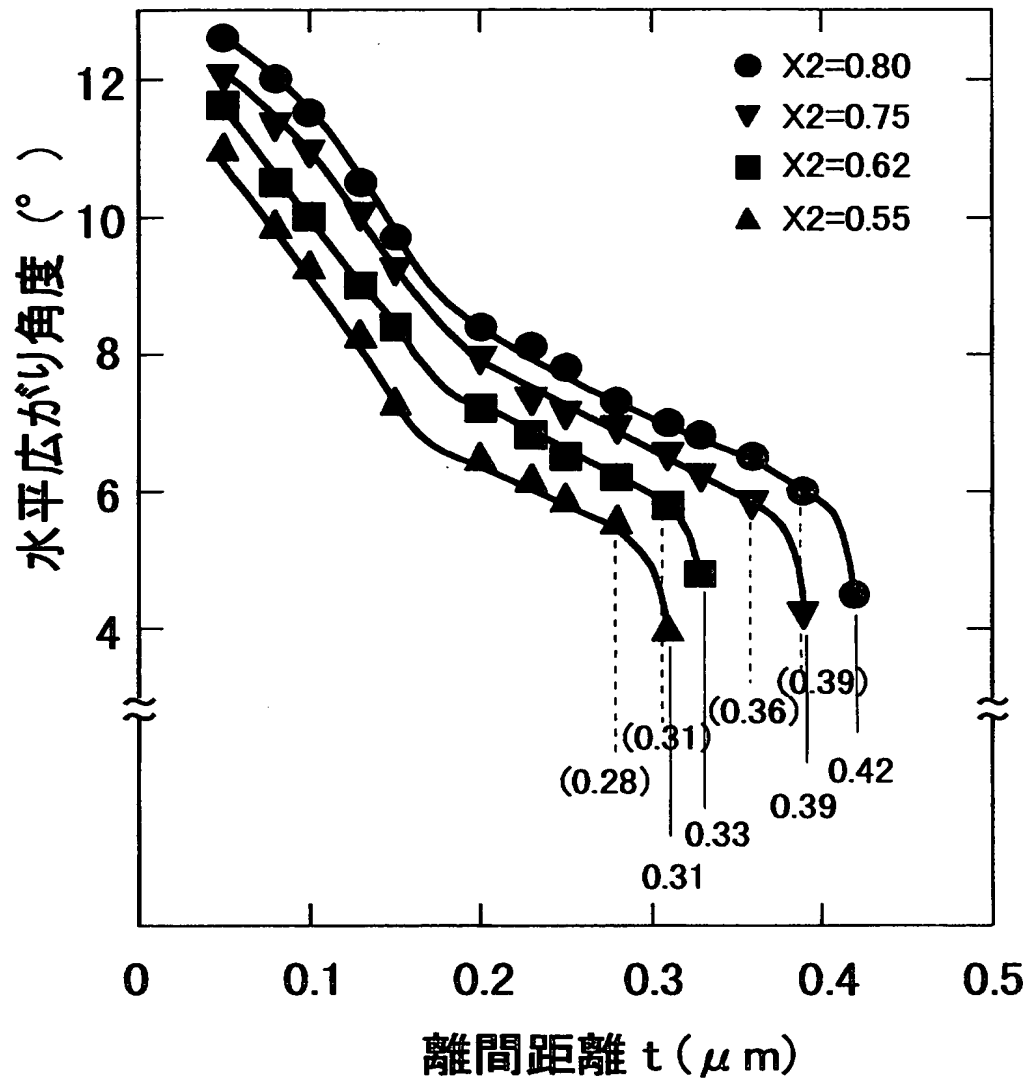


(b)

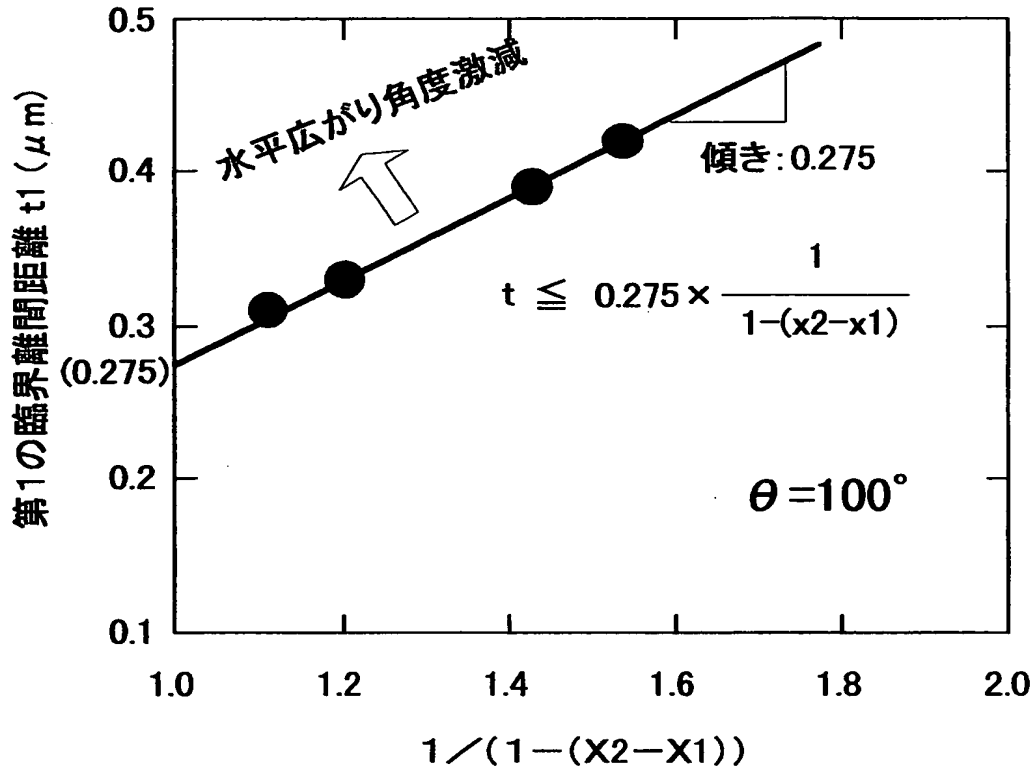


(d)

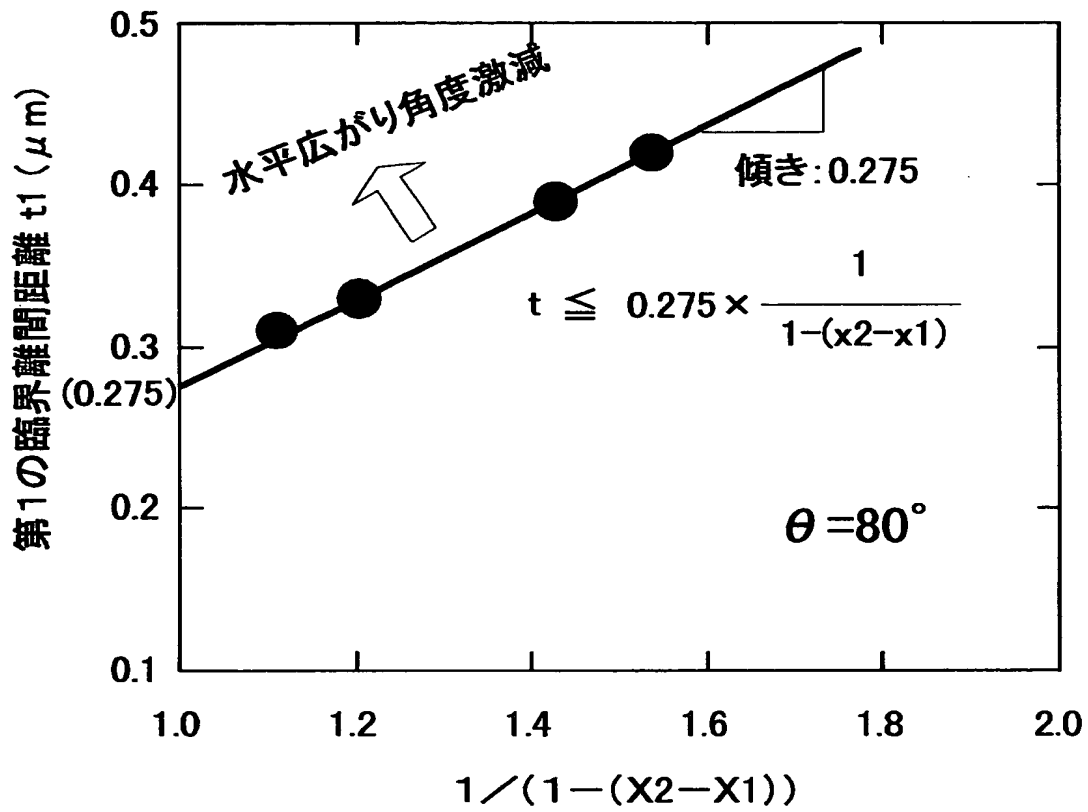
【図 8】



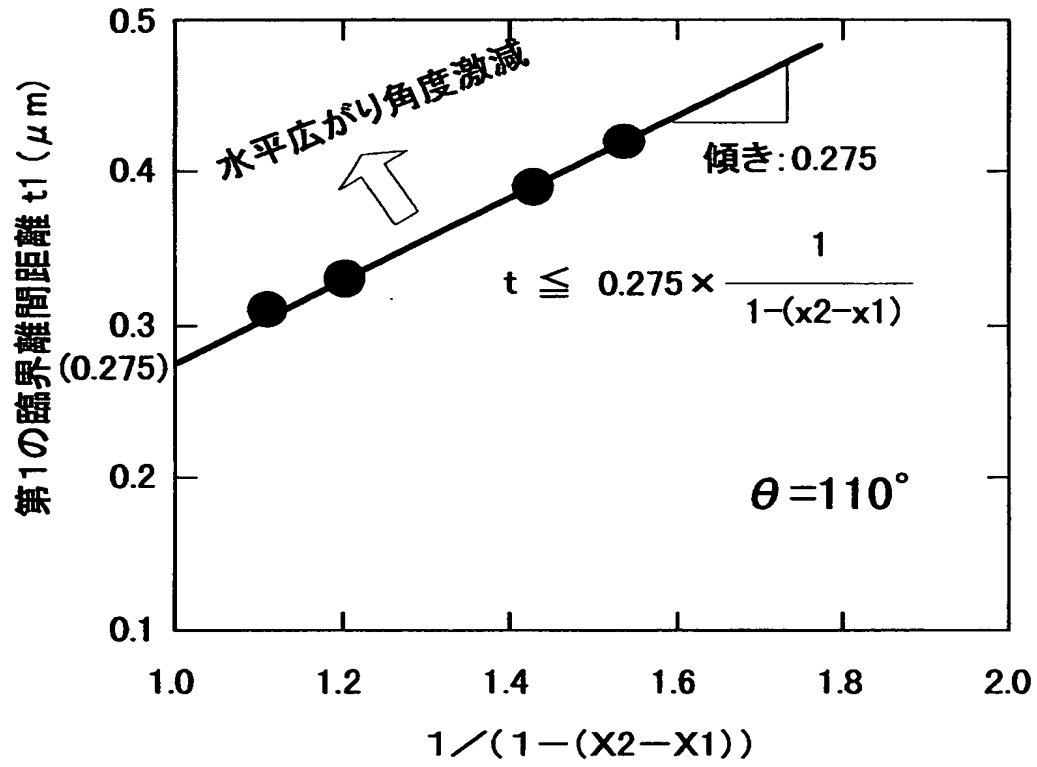
【図 9】



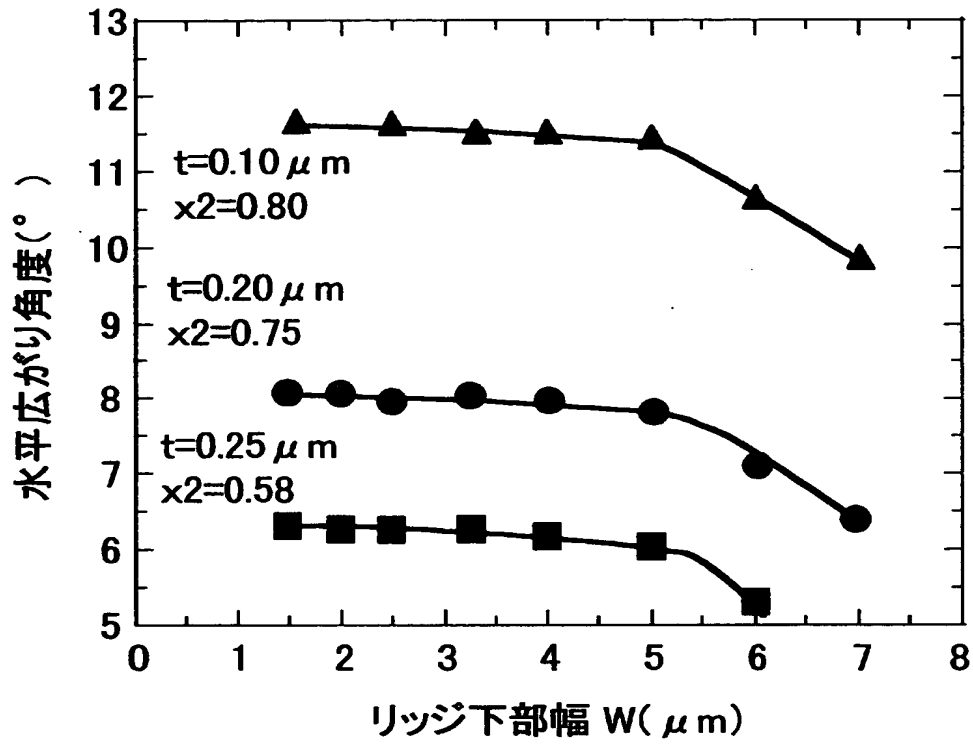
【図 1 0】



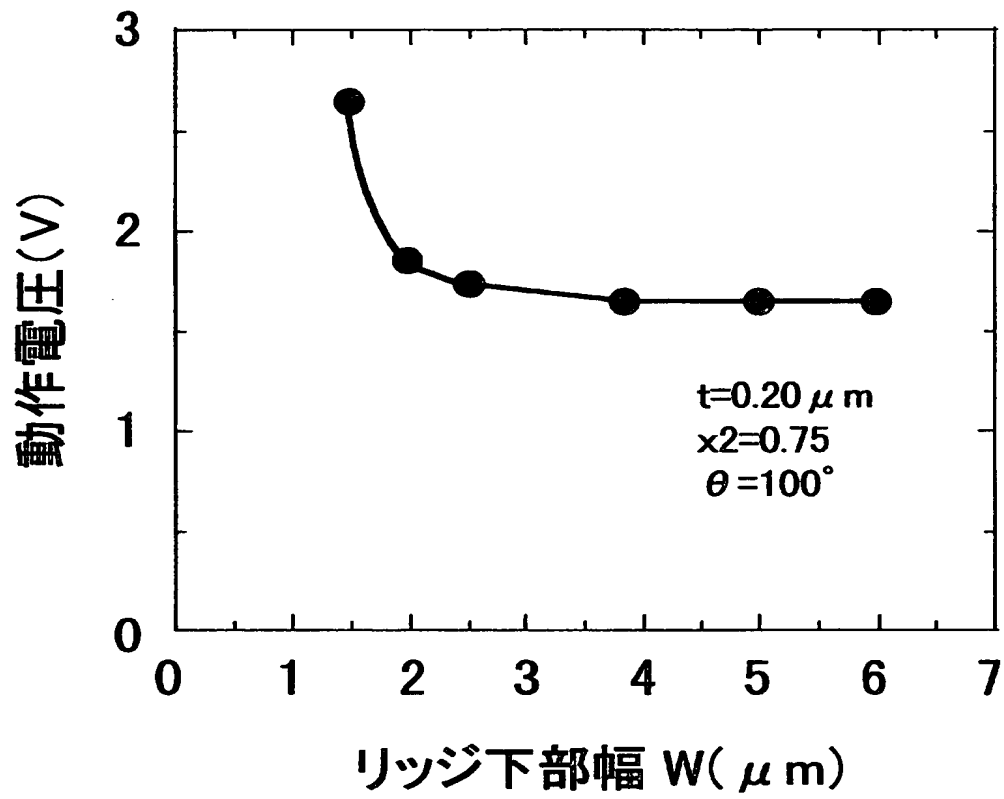
【図 1 1】



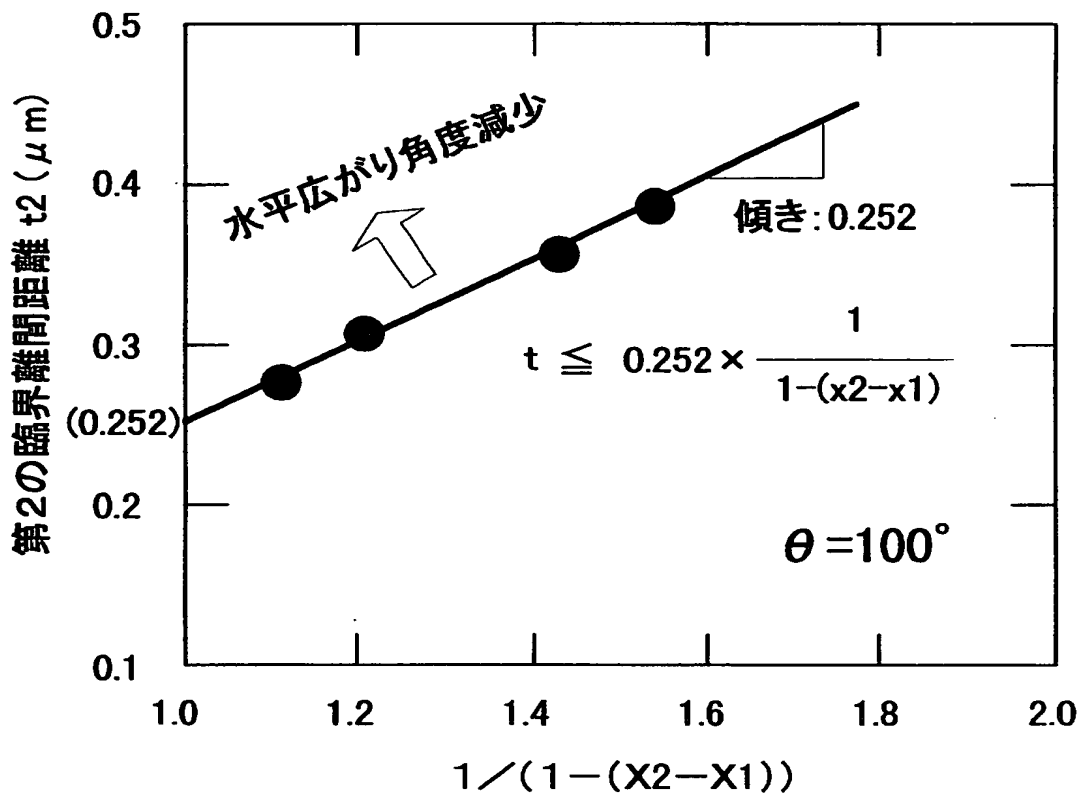
【図 1 2】



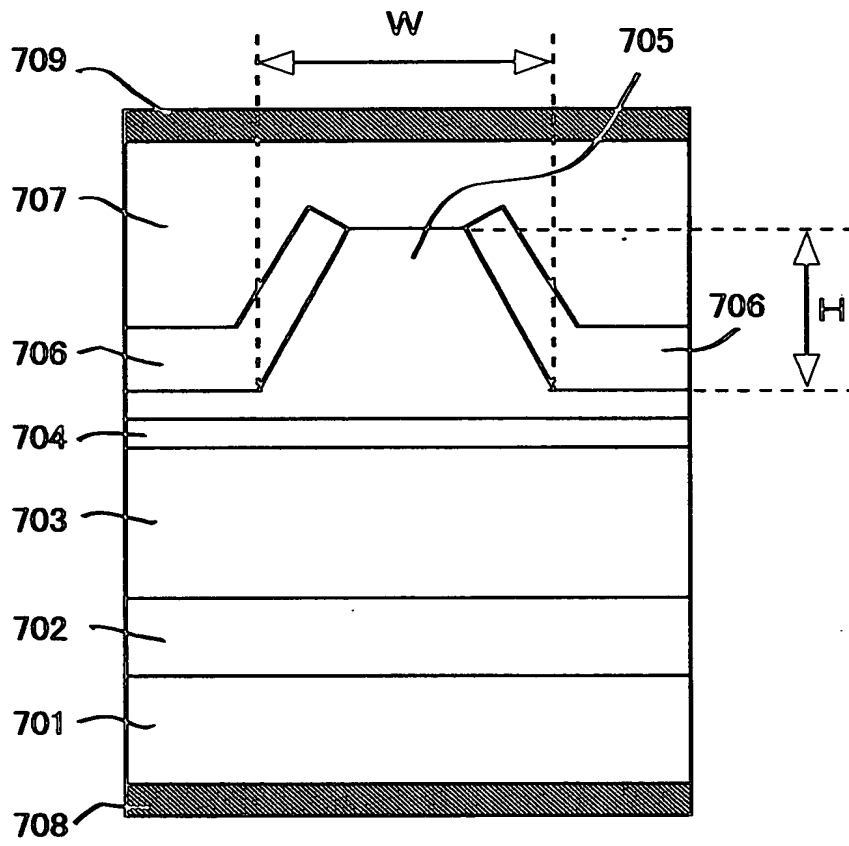
【図 13】



【図 1 4】



【図 1 5】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザビームの高出力化を図った際においても、レーザビームの水平広がり角度が小さくなることを抑制し、しかもレーザビームの水平広がり角度の調整が容易である半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 リッジ部の側面と前記リッジ部の下部との為す傾斜角度 θ が 80° 以上、 110° 以下であり、p型クラッド層 10 は $\text{Al}_{X1}\text{Ga}_{1-X1}\text{As}$ からなり、第 1 電流ブロック層 14 は $\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2}\text{As}$ からなり、発光層と第 1 電流ブロック層 14 との離間距離を t とした場合、 $t \leq 0.275 / (1 - (X2 - X1))$ となり、リッジ部の下部幅 W が $2 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 8 8 9]

1. 変更年月日 1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号
氏 名 三洋電機株式会社